

RIESGO DE HELADAS PRIMAVERALES CRÍTICAS DURANTE LA EMERGENCIA DE LA SOJA EN LA REGIÓN PAMPEANA

**MARÍA ELENA FERNÁNDEZ LONG¹; IRENE BARNATÁN²; ANALÍA FARONI;
R. HURTADO y G. MURPHY**

Recibido: 20/03/06

Aceptado: 18/09/06

RESUMEN

Con la información de las temperaturas mínimas diarias de 52 estaciones meteorológicas de la Región Pampeana, se calcularon las probabilidades de ocurrencia de heladas a partir de 4 fechas distintas y para tres umbrales de temperatura, 1 °C, -1 °C y -3 °C. Se tomó como primera fecha el 21 de septiembre, época en que comenzaría la emergencia de la soja, en casos de siembra muy temprana en la región, calculándose cada 10 días.

Con la información obtenida se confeccionaron, para cada fecha y cada umbral, mapas de probabilidad de ocurrencia de heladas tardías. Existe un marcado gradiente entre el sudoeste y norte de la provincia de Buenos Aires quedando delimitada una zona de mayor riesgo en el sudoeste de Buenos Aires, llegando hasta La Pampa, para todos los umbrales analizados. La provincia de Córdoba presentó probabilidades mayores a las esperadas de acuerdo con la latitud a la que se encuentra.

El riesgo de heladas tardías para el cultivo de la soja es reducido a partir del 20 de octubre en casi toda la región, a excepción del sudoeste de Buenos Aires.

Palabras clave. Heladas, soja, Región Pampeana.

SPRING CRITICAL FROSTS PROBABILITY OF OCCURRENCE FOR SUMMER CROPS IN THE PAMPEAN REGION

SUMMARY

With the information of daily minimum temperature of 52 weather stations for the Pampean Region, frosts probabilities of occurrence for four different dates and three thresholds of temperature were calculated. The first date selected was September 21st, the time when soybean sowing begins in the region, and it was calculated every 10 days for the thresholds of 1 °C, -1 °C and -3 °C.

Maps of late frosts probability of occurrence were made for every date and threshold. A great gradient between the southwest and north of the province of Buenos Aires was observed in every map. A zone of greater risk was delimited from the southwest of Buenos Aires to La Pampa, for all of the analyzed thresholds. The province of Córdoba presents greater probabilities than it would be expected in agreement with its latitude.

The risk of late frosts in summer crops is low from the October 20th in almost all the region, with the exception of the southwest of the Buenos Aires.

Key words. Frost, soybean, Pampean Region.

INTRODUCCIÓN

La helada es una de las adversidades climáticas que afecta a los cultivos de la Región Pampeana. Dado que el daño depende principalmente del esta-

do fenológico del cultivo, uno de los principales objetivos de estudio en riesgo por heladas, han sido las fechas medias de primera y última helada. El tema fue abordado por numerosos autores para

¹Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. FAUBA. flong@agro.uba.ar

²Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina. barnatan@agro.uba.ar

distintas regiones de la Argentina, destacándose entre otros, en los últimos años los trabajos realizados en Balcarce (Monterubbiansi y Cendoya, 2001), Villa Mercedes (San Luis) (Orta y Federighi, 1996), provincia del Chaco (Costa y Abregú, 2002), ciudad de Buenos Aires y conurbano Bonaerense (Fernández Long *et al.*, 2001), valores estimados para la Argentina (Damario *et al.*, 1996), Región Pampeana (Fernández Long *et al.*, 2005). También ha sido motivo de estudio la duración (Fernández Long, *et al.*, 2004, Navarro *et al.*, 2003) y la frecuencia de las mismas (Fernández Long, 2006).

La soja es muy sensible a heladas durante todo su ciclo. No obstante, el efecto de temperatura inferiores a 0 °C varía según los cultivares, la duración y oportunidad del fenómeno (Otegui y López Pereira, 2003). La magnitud del daño producido depende de factores meteorológicos, como la intensidad de la helada, su duración, época de su ocurrencia, de factores de suelo tales como el tipo y su grado de humedad y de factores biológicos como el estado de desarrollo del cultivo, el estado sanitario, los ciclos de aclimatación/desacimatación a las bajas temperaturas, la cobertura vegetal, etc. (Badaruddin y Meyer, 2001; Snyder y Melo-Abreu, 2005). Por todo lo dicho, es muy difícil determinar un umbral de temperatura fijo que señale el límite a partir del cual se producen daños por helada en el cultivo.

Saliba *et al.* (1982) registraron una disminución en el rendimiento de dos cultivares de soja de maduración temprana debido a heladas ocurridas desde la emergencia. Hume y Jackson (1981) evaluaron 30 genotipos de soja observando que la mayor mortalidad ocurría a -3 °C durante el estado cotiledonar. Meyer y Badaruddin (2001) encontraron que para la soja, a partir de la segunda semana de la siembra, desde los -2 °C comienzan a producirse pérdidas, llegando a perderse todo a -6 °C en la tercera semana y sólo el 75% en la primera semana; determinando que a -4,5 °C el 50% de lo sembrado muere.

Hasta hace pocos años la soja no había presentado grandes dificultades por heladas en la Región Pampeana, debido a que la época de siembra comenzaba en noviembre, período en el cual la probabilidad de ocurrencia de días con heladas era muy baja.

En los últimos años se ha comenzado a adelantar la fecha de siembra (INTA, Informes Técnicos, 2005) aumentando el riesgo.

Tanto para los productores como para las aseguradoras, conocer la probabilidad de ocurrencia de heladas en distintas fechas y para diferentes regiones es una herramienta fundamental en la toma de decisiones. Es por ello que el objetivo principal de este trabajo es conocer para la Región Pampeana, las probabilidades de ocurrencia de heladas tardías teniendo en cuenta diferentes umbrales de temperaturas mínimas en abrigo, cada diez días, en los meses de setiembre y octubre, período en el cual comienzan a emerger los cultivos estivales en la región. Para una mejor visualización de los resultados, se confeccionaron mapas de probabilidad de ocurrencia de heladas para los distintos umbrales y fechas elegidas.

MATERIALES Y MÉTODO

Se utilizaron las temperaturas mínimas diarias del período 1964-2003 registradas en abrigo en 52 estaciones meteorológicas. Siete de las localidades se encuentran fuera de la región estudiada pero fueron incluidas para poder realizar el análisis de borde (Figura 1). La información fue provista por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Se descartó del análisis la información del Córdoba Obs. y San Miguel Obs. por presentar un efecto urbano muy marcado.

Se realizó un detallado estudio de consistencia de la información detectándose numerosos errores, como signos, letras, temperaturas superiores a los 100 °C, errores de signo, de paralaje, etc. Por este motivo, se calculó la onda anual de la temperatura mínima en cada una de las estaciones, permitiendo así obtener los desvíos con respecto a la misma. A través de la realización de un programa en Fortran 77 se extrajeron todos los casos en que los desvíos se apartaron en más/menos 3 desviaciones estándar, sumando alrededor de 2.000 casos que se analizaron individualmente. En aquellos en que no se pudo obtener la información real mediante consultas a la Base Nacional de datos meteorológicos y ambientales del SMN, se lo reemplazó por un código de dato faltante, quedando así depuradas las series de temperatura mínima con las cuales se trabajó.

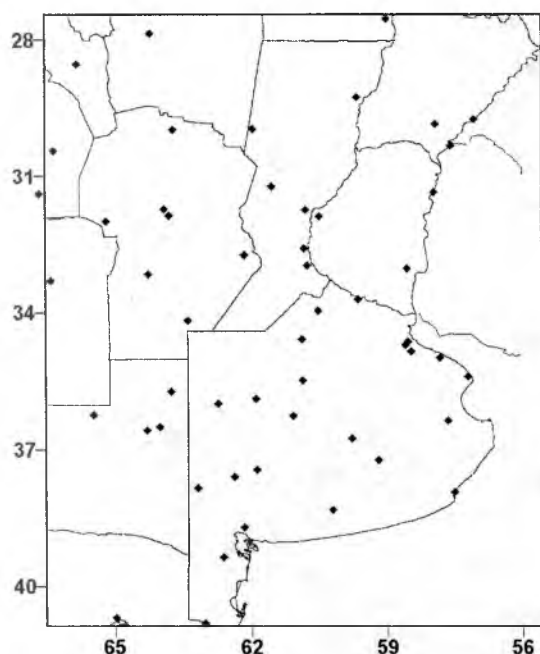


FIGURA 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas.

Meyer y Badaruddin (2001) fijaron como temperaturas de daño en distintas leguminosas a los umbrales de -2°C , -4°C , -6°C y -8°C medidos en cámaras climáticas, observando que a partir de -2°C comienzan a producirse pérdidas en la supervivencia de las plántulas y a -8°C el porcentaje de supervivencia es 0%. Dado que existe una diferencia de aproximadamente 3°C entre la temperatura mínima en abrigo y la registrada a 5 cm sobre el suelo (Geiger, 1965), se analizaron 3 niveles de helada, 1°C , -1°C y -3°C , medidos en abrigo meteorológico.

Para cada uno de los umbrales se calculó la fecha media de última helada según el criterio de Pascale y Damario (2004), que considera a las últimas heladas como aquellas ocurridas a partir del 15 de julio. Considerando que las mismas se comportan como una función de distribución normal (Burgos, 1963), se calcularon las probabilidades de ocurrencia de helada para 4 fechas, a partir del 21 de septiembre, con 10 días de diferencia entre cada una de ellas. No se consideraron fechas posteriores debido a que las probabilidades calculadas eran muy bajas, registrándose sólo algún riesgo en el sudoeste de Buenos Aires y sur de La Pampa. Las probabilidades de ocurrencia de

helada obtenidas, para cada uno de los umbrales y para las 4 fechas, se muestran en mapas trazados mediante un software comercial (Surfer 7.1).

Dado que en algunas de las localidades se registraron años sin heladas, se aplicó un coeficiente de ajuste a la función de probabilidad de acuerdo con lo propuesto por da Mota (1975).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con lo establecido por Meyer y Badaruddin (2001) que sostienen que el 50% del cultivo se pierde con temperaturas inferiores a $-4,5^{\circ}\text{C}$ y dado que, como se dijo, existe un gradiente de temperaturas de aproximadamente 3°C entre la observada en abrigo y a 5 cm sobre el suelo, se tomó como la figura a analizar más relevante la correspondiente al umbral de -1°C (Figura 2.a-d).

El sur de la provincia de Buenos Aires presenta una probabilidad de fracaso por heladas tardías del 50% o más (Figura 2a). Estas probabilidades van disminuyendo hacia el norte de la región hasta probabilidades menores al 10%, a excepción de un aumento de las mismas en la provincia de Córdoba con valores del 10 al 20%.

Diez días más tarde (Figura 2b), las probabilidades disminuyen rápidamente quedando el centro-norte de la región con valores menores al 10% y el sur de la misma con valores mayores al 20%, identificándose una región de máxima peligrosidad en el sudoeste de Buenos Aires con valores de aproximadamente 50%.

A partir del 11 de octubre (Figura 2c), el sur de la región muestra probabilidades entre 20 y 30%, con máximos de 33% en Coronel Suárez y Pigüé continuando el bajo riesgo en el centro norte de la región.

La última fecha analizada, 21 de octubre (Figura 2d), presenta el mismo patrón espacial de comportamiento con valores máximos del 18% en las localidades sureñas mencionadas anteriormente.

Para el umbral de -3°C , el 21 de setiembre (Figura 3a) se observan máximos de 28% en Anguil y 30% en Cnel. Suárez. Cabe destacar que de producirse

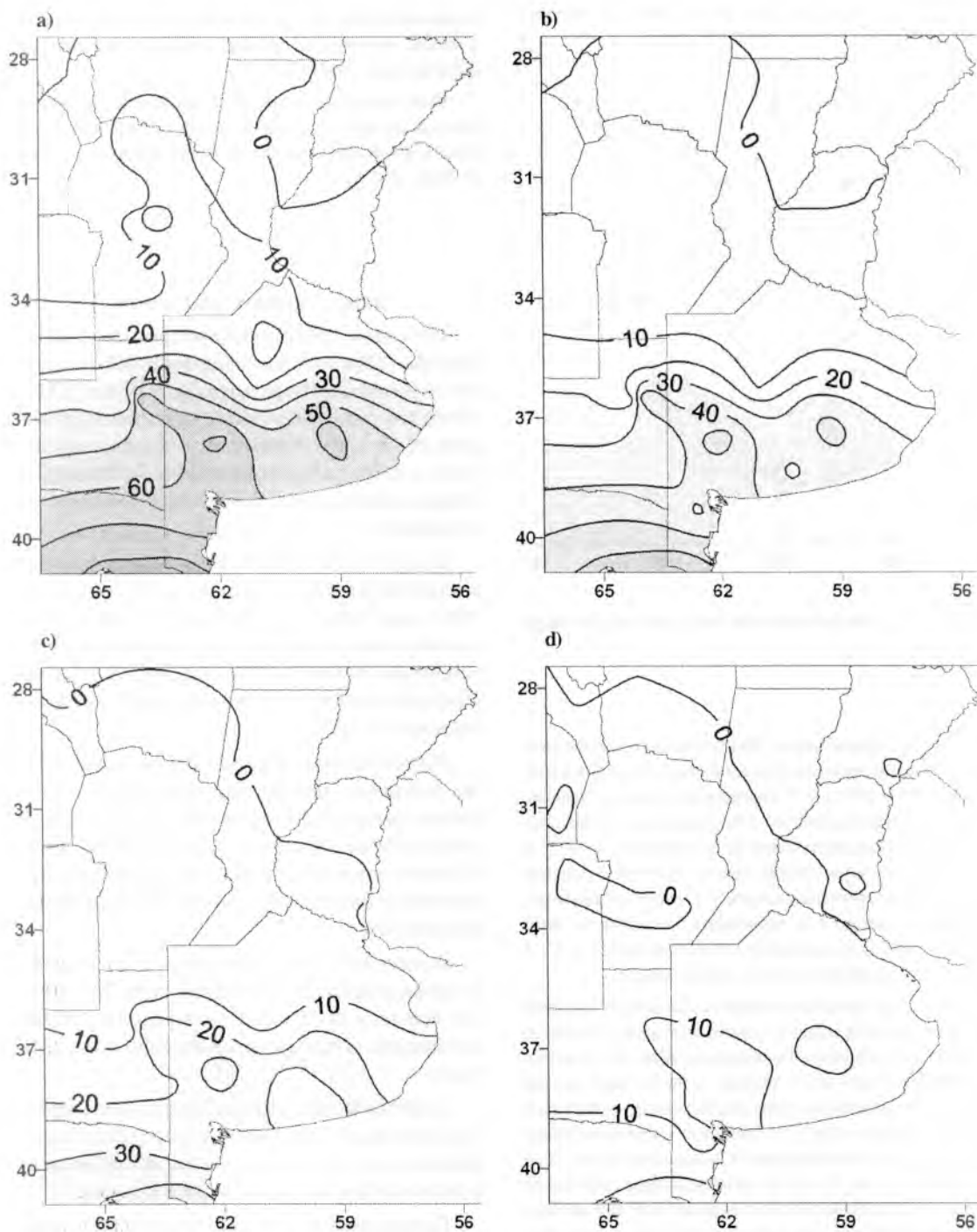


FIGURA 2. Umbral de -1 °C. Probabilidades de ocurrencia de heladas tardías a partir del 21 de septiembre (a), 1 de octubre (b), 11 de octubre (c) y 21 de octubre (d).

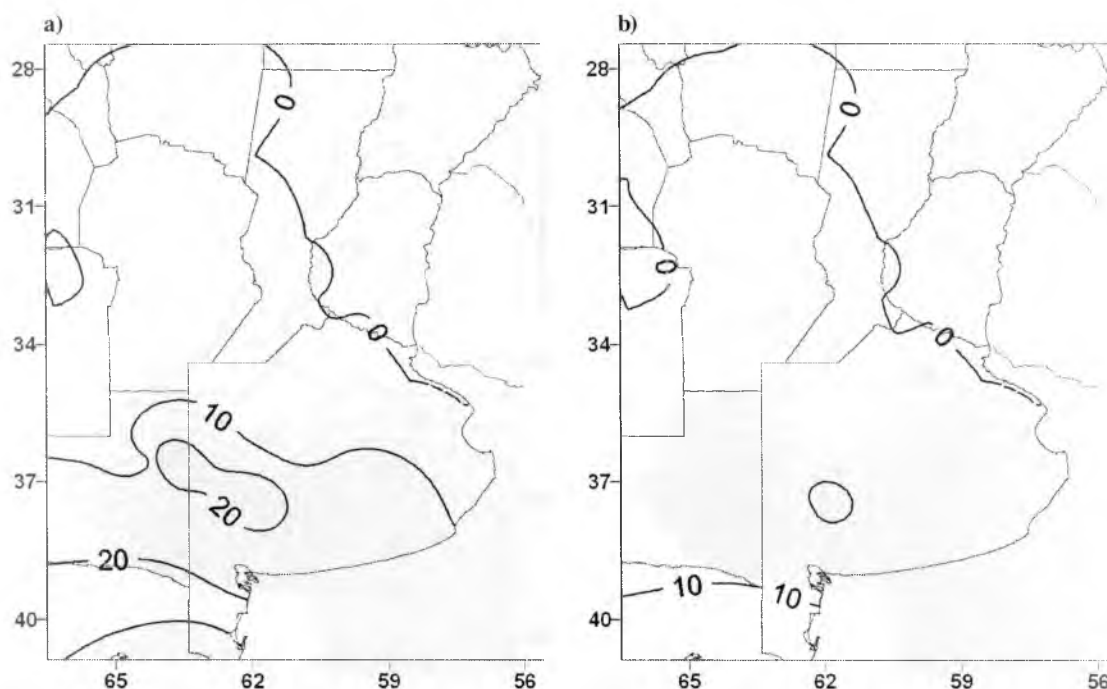


FIGURA 3. Umbral de -3°C . Probabilidades de ocurrencia de heladas tardías a partir del 21 de septiembre (a) y 1 de octubre (b).

temperaturas inferiores a este umbral se perdería la totalidad del cultivo (Meyer y Badaruddin, 2001).

A partir del 1 de octubre (Figura 3b) sólo las zonas de Anguil, Coronel Suárez y Pigüé presentan probabilidades de aproximadamente 10%, es decir que, uno de cada diez años se puede perder lo cultivado.

Para las fechas posteriores, sólo se encontraron probabilidades del 5% en Coronel Suárez, 3% en Pigüé y Anguil, por lo tanto no se muestran los mapas correspondientes.

En las Figuras 4 a-d (umbral de 1°C) se observa un importante aumento de las probabilidades en general, registrándose máximos cerrados de más del 80% en el sudoeste y un marcado gradiente (Figura 4c) entre el sudoeste y norte de la provincia de Buenos Aires en todas las fechas analizadas.

Otro máximo se observó en las dos primeras fechas (Figura 4a-b) en el norte de Córdoba eviden-

ciando una zona de mayor peligrosidad de las heladas tardías.

Al analizar las fechas medias y medianas de última helada para cada umbral, se observó que en algunos pocos casos las mismas no coincidían registrándose hasta 7 días de diferencia, lo cual llevaría a replantear, en esos casos, la consideración de una función normal. En los Cuadros 1, 2 y 3 se presentan para cada umbral y cada localidad, la fecha media y mediana de última helada, su diferencia y los percentiles del 80 y 90, calculados a partir de la distribución empírica.

Cabe destacar que los percentiles 80 y 90 corresponderían a las probabilidades del 20 y 10% respectivamente, siempre y cuando en el 100% de los años se hayan registrado heladas. De lo contrario, las probabilidades se verían modificadas por el coeficiente de ajuste (da Motta, 1975) obteniéndose un valor distinto para cada localidad.

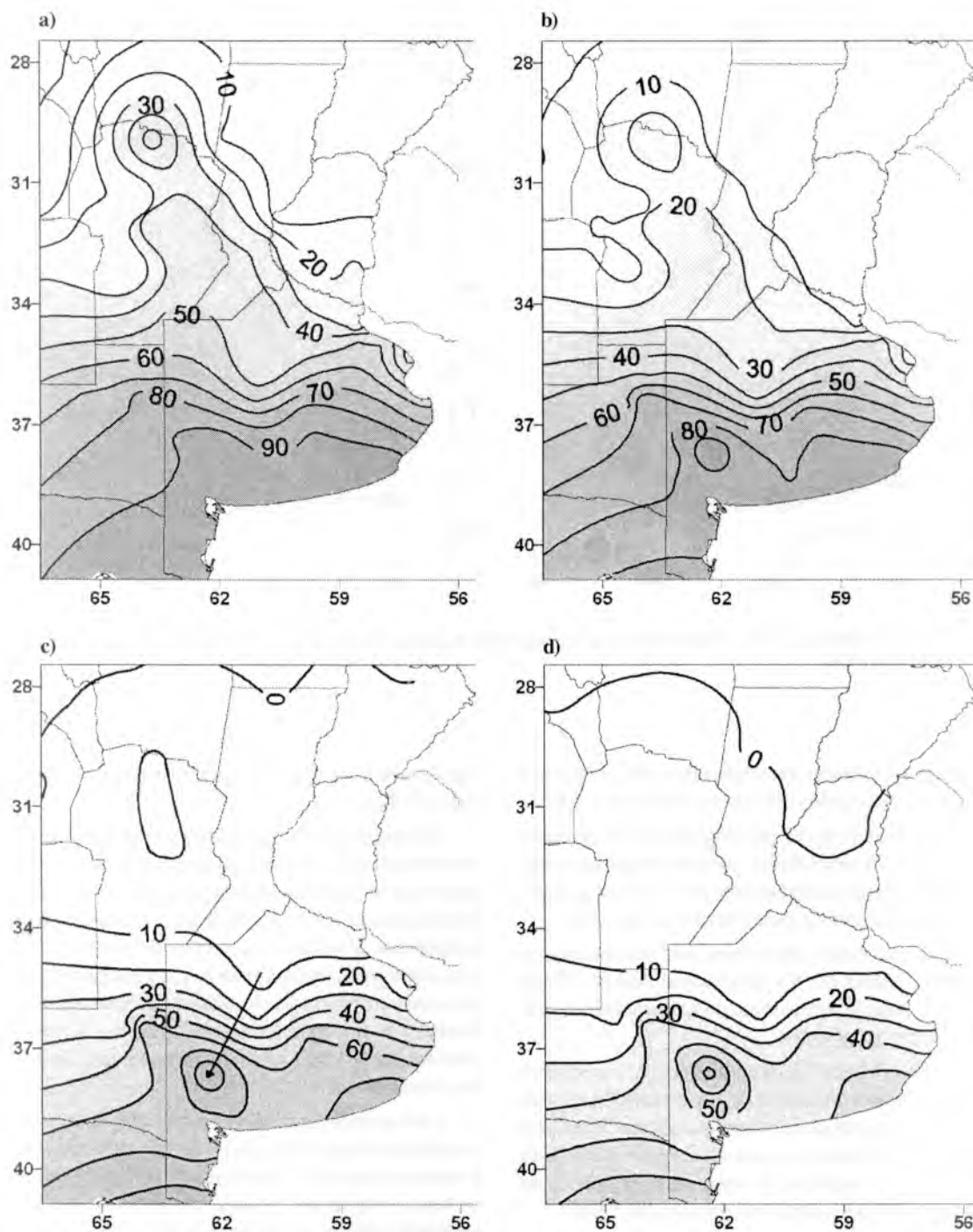


FIGURA 4. Umbral de 1 °C. Probabilidades de ocurrencia de heladas tardías a partir del 21 de septiembre (a), 1 de octubre (b), 11 de octubre (c) y 21 de octubre (d).

CUADRO 1. Fechas medias y medianas de última helada, sus diferencias y percentiles 80 y 90 para el umbral de 1 °C.

Umbral 1 °C	Nro de años analizados	Años sin heladas	Fecha media de última helada	Desv. estándar	Fecha mediana de última helada	Diferen- cias	80	90
Monte Caseros	40	20	4-Ago	15,7	1-Ago	3	17-Ago	1-Sep
Paso de los Libres	38	13	8-Ago	18,5	4-Ago	4	27-Ago	3-Sep
Catamarca	31	1	18-Ago	14,9	14-Ago	4	1-Sep	3-Sep
Reconquista	40	9	19-Ago	19,9	15-Ago	4	4-Sep	13-Sep
Chamical	40	4	22-Ago	15,3	25-Ago	-3	2-Sep	8-Sep
Resistencia	39	11	20-Ago	20,3	25-Ago	-5	7-Sep	12-Sep
Paraná INTA	40	7	21-Ago	20,1	25-Ago	-4	6-Sep	15-Sep
Chepes	38	2	26-Ago	12,8	26-Ago	0	3-Sep	12-Sep
Concordia	39	4	24-Ago	19,5	28-Ago	-4	9-Sep	16-Sep
Ceres	39	1	30-Ago	16,6	2-Sep	-3	14-Sep	21-Sep
San Luis	40	0	10-Sep	20,3	2-Sep	8	28-Sep	11-Oct
Río Cuarto	40	0	5-Sep	15,7	3-Sep	2	16-Sep	18-Sep
Santiago del Estero	40	0	5-Sep	13,5	4-Sep	1	17-Sep	21-Sep
Córdoba	40	0	7-Sep	13,8	5-Sep	2	18-Sep	21-Sep
Pilar Obs. (Córdoba)	40	1	5-Sep	13,3	5-Sep	0	18-Sep	21-Sep
San Pedro INTA	37	0	7-Sep	17,9	7-Sep	0	20-Sep	1-Oct
Sauce Viejo	40	2	1-Sep	17,6	8-Sep	-7	15-Sep	20-Sep
Villa Dolores	39	0	9-Sep	18,1	8-Sep	1	18-Sep	28-Sep
Punta Indio	40	2	8-Sep	22,6	9-Sep	-1	24-Sep	4-Oct
Galeguaychú	40	0	7-Sep	17,7	9-Sep	-2	20-Sep	26-Sep
El Palomar	38	0	11-Sep	13,5	9-Sep	2	22-Sep	28-Sep
Rafaela INTA	38	0	8-Sep	19,5	10-Sep	-2	20-Sep	27-Sep
Castelar INTA	39	1	14-Sep	18,8	14-Sep	0	1-Oct	9-Oct
Nieve de Julio	40	0	14-Sep	20,0	15-Sep	-1	26-Sep	12-Oct
Rosario	40	0	15-Sep	15,8	15-Sep	0	27-Sep	4-Oct
Oliveros INTA	40	0	16-Sep	15,9	15-Sep	1	27-Sep	6-Oct
Laboulaye	40	0	21-Sep	15,7	18-Sep	3	6-Oct	11-Oct
Pergamino INTA	38	0	17-Sep	14,5	19-Sep	-2	26-Sep	6-Oct
Junín	40	0	20-Sep	13,6	20-Sep	0	28-Sep	5-Oct
Ezeiza	40	0	20-Sep	18,7	20-Sep	0	7-Oct	13-Oct
Marcos Juárez	40	0	19-Sep	17,0	20-Sep	-1	3-Oct	8-Oct
La Plata	40	0	21-Sep	22,7	20-Sep	1	10-Oct	17-Oct
Bolívar	34	1	24-Sep	19,8	20-Sep	4	10-Oct	17-Oct
Manfredi INTA	34	0	24-Sep	14,8	21-Sep	3	7-Oct	13-Oct
Villa María del Río Seco	40	0	24-Sep	14,9	22-Sep	2	8-Oct	11-Oct
Pehuajó	39	0	26-Sep	20,9	24-Sep	2	15-Oct	22-Oct
General Pico	40	0	30-Sep	22,5	26-Sep	4	17-Oct	27-Oct
Victorica	40	0	3-Oct	22,3	28-Sep	5	19-Oct	4-Nov
Dolores	38	0	5-Oct	31,7	29-Sep	6	5-Nov	13-Nov
Santa Rosa	40	0	6-Oct	18,7	7-Oct	-1	21-Oct	28-Oct
Tres Arroyos	39	0	16-Oct	18,7	17-Oct	-1	1-Nov	9-Nov
Azul	35	0	17-Oct	22,9	17-Oct	0	8-Nov	14-Nov
Bordenave INTA	40	0	18-Oct	23,0	18-Oct	0	8-Nov	15-Nov
Hilario Ascasubi INTA	37	0	18-Oct	20,5	20-Oct	-2	5-Nov	12-Nov
Anguil INTA	40	0	21-Oct	21,2	22-Oct	-1	8-Nov	17-Nov
Tandil	39	0	20-Oct	22,8	22-Oct	-2	10-Nov	18-Nov
Mar del Plata	40	0	24-Oct	20,1	24-Oct	0	11-Nov	17-Nov
Bahía Blanca	39	0	20-Oct	18,9	26-Oct	-6	4-Nov	10-Nov
Coronel Suárez	37	0	25-Oct	19,0	29-Oct	-4	7-Nov	12-Nov
Pigüé	40	0	1-Nov	15,8	31-Oct	1	13-Nov	19-Nov
Viedma	36	0	30-Oct	16,6	1-Nov	-2	10-Nov	14-Nov
San Antonio Oeste	13	0	30-Oct	22,9	3-Nov	-4	14-Nov	27-Nov

CUADRO 2. Fechas medias y medianas de última helada, sus diferencias y percentiles 80 y 90 para el umbral de -1 °C.

Umbral - 1 °C	Nro de años analizados	Años sin heladas	Fecha media de última helada	Desv. estándar	Fecha mediana de última helada	Diferencias	80	90
Paraná INTA	40	22	2-Ago	18,1	26-Jul	7	12-Ago	22-Ago
Monte Caseros	40	33	28-Jul	6,0	26-Jul	2	2-Ago	3-Ago
Paso de los Libres	38	29	27-Jul	5,4	26-Jul	1	1-Ago	3-Ago
Catamarca	31	7	4-Ago	14,1	31-Jul	4	17-Ago	26-Ago
Reconquista	40	25	29-Jul	8,4	1-Ago	3	4-Ago	5-Ago
Resistencia	39	24	5-Ago	11,9	2-Ago	3	17-Ago	20-Ago
Concordia	39	18	11-Ago	16,7	5-Ago	6	27-Ago	2-Sep
Ceres	39	9	11-Ago	19,0	6-Ago	5	31-Ago	3-Sep
Punta Indio	40	10	9-Ago	15,4	7-Ago	2	22-Ago	1-Sep
Chamical	40	14	9-Ago	19,6	10-Ago	-1	28-Ago	1-Sep
Chépes	38	8	12-Ago	14,1	13-Ago	-1	25-Ago	1-Sep
Río Cuarto	40	9	17-Ago	15,6	18-Ago	-1	1-Sep	2-Sep
Galeguaychú	40	8	17-Ago	20,3	19-Ago	-2	3-Sep	8-Sep
San Pedro INTA	37	8	18-Ago	18,6	20-Ago	-2	3-Sep	8-Sep
Nueve de Julio	40	3	25-Ago	19,0	20-Ago	5	10-Sep	17-Sep
Rafaela INTA	38	4	23-Ago	18,1	22-Ago	1	9-Sep	16-Sep
Sauce Viejo	40	8	20-Ago	16,5	23-Ago	-3	2-Sep	8-Sep
Córdoba	40	5	23-Ago	14,5	23-Ago	0	4-Sep	14-Sep
San Luis	40	6	21-Ago	17,7	23-Ago	-2	4-Sep	12-Sep
Castelar INTA	39	4	22-Ago	20,0	23-Ago	-1	7-Sep	13-Sep
Santiago del Estero	40	4	24-Ago	15,7	25-Ago	-1	9-Sep	13-Sep
Villa Dolores	39	2	27-Ago	19,1	25-Ago	2	8-Sep	16-Sep
La Plata	40	4	23-Ago	21,2	26-Ago	-3	7-Sep	16-Sep
Pilar Obs. (Córdoba)	40	2	25-Ago	15,5	27-Ago	-2	8-Sep	16-Sep
El Palomar	38	7	24-Ago	21,2	28-Ago	-4	9-Sep	17-Sep
Ezeiza	40	2	26-Ago	20,0	31-Ago	-5	8-Sep	16-Sep
Oliveros INTA	40	2	28-Ago	19,2	2-Sep	-5	15-Sep	19-Sep
Rosario	40	1	29-Ago	18,3	2-Sep	-4	14-Sep	20-Sep
Bolívar	34	1	4-Sep	20,8	3-Sep	1	17-Sep	29-Sep
Laboulaye	40	0	4-Sep	14,6	4-Sep	0	16-Sep	21-Sep
Marcos Juárez	40	1	3-Sep	16,4	4-Sep	-1	16-Sep	21-Sep
Junín	40	0	1-Sep	15,2	4-Sep	-3	12-Sep	15-Sep
Pergamino INTA	38	1	5-Sep	18,7	8-Sep	-3	18-Sep	26-Sep
Villa María del Río Seco	40	0	7-Sep	15,8	9-Sep	-2	21-Sep	25-Sep
General Pico	40	0	13-Sep	19,8	10-Sep	3	30-Sep	11-Oct
Santa Rosa	40	0	14-Sep	17,6	10-Sep	4	29-Sep	7-Oct
Dolores	38	3	11-Sep	23,7	11-Sep	0	27-Sep	14-Oct
Pehuajó	39	1	10-Sep	22,7	11-Sep	-1	21-Sep	7-Oct
Victorica	40	0	15-Sep	18,5	13-Sep	2	30-Sep	7-Oct
Manfredi INTA	34	1	13-Sep	14,5	15-Sep	-2	21-Sep	1-Oct
Azul	35	0	22-Sep	25,1	20-Sep	2	7-Oct	17-Oct
Bordenave INTA	40	0	23-Sep	20,8	21-Sep	2	10-Oct	17-Oct
Hilario Ascasubi INTA	37	0	26-Sep	17,2	21-Sep	5	6-Oct	28-Oct
Tres Arroyos	39	1	21-Sep	17,2	22-Sep	-1	5-Oct	8-Oct
Mar del Plata	40	0	23-Sep	20,0	24-Sep	-1	7-Oct	13-Oct
Bahía Blanca	39	0	28-Sep	19,5	25-Sep	3	16-Oct	24-Oct
Tandil	39	0	28-Sep	19,5	26-Sep	2	12-Oct	23-Oct
Anguil INTA	40	0	30-Sep	19,6	27-Sep	3	14-Oct	28-Oct
Pigüé	40	0	2-Oct	20,3	27-Sep	5	24-Oct	30-Oct
Coronel Suárez	37	0	2-Oct	20,6	1-Oct	1	24-Oct	29-Oct
San Antonio Oeste	13	0	7-Oct	17,1	5-Oct	2	22-Oct	28-Oct
Viedma	36	0	11-Oct	18,4	12-Oct	-1	26-Oct	30-Oct

CUADRO 3. Fechas medias y medianas de última helada, sus diferencias y percentiles 80 y 90 para el umbral de -3 °C.

Umbral - 3 °C	Nro de años analizados	Años sin heladas	Fecha media de última helada	Desv. estándar	Fecha mediana de última helada	Diferencias	80	90
Monte Caseros	40	40						
Paraná INTA	40	39	19-Jul		19-Jul	0		
La Plata	40	29	29-Jul	10,9	24-Jul	5	4-Ago	15-Ago
Punta Indio	39	30	27-Jul	8,7	24-Jul	3	3-Ago	6-Ago
Catamarca	31	20	31-Jul	16,2	25-Jul	6	13-Ago	19-Ago
Concordia	40	34	30-Jul	18,0	27-Jul	3	2-Ago	18-Ago
Chamical	39	28	31-Jul	14,8	27-Jul	4	8-Ago	15-Ago
Ceres	40	28	31-Jul	10,6	29-Jul	2	12-Ago	15-Ago
Resistencia	39	35	3-Ago	15,6	29-Jul	5	11-Ago	18-Ago
Río Cuarto	40	25	31-Jul	12,2	30-Jul	1	6-Ago	15-Ago
Córdoba	40	17	7-Ago	19,2	2-Ago	5	23-Ago	2-Sep
Nueve de Julio	39	20	3-Ago	12,0	2-Ago	1	12-Ago	15-Ago
El Palomar	38	20	4-Ago	13,9	3-Ago	1	13-Ago	26-Ago
Reconquista	39	37	4-Ago	2,1	4-Ago	0	4-Ago	5-Ago
Galeguaychú	40	24	7-Ago	14,7	4-Ago	3	20-Ago	30-Ago
Ezeiza	40	21	5-Ago	13,2	4-Ago	1	13-Ago	22-Ago
Castelar INTA	39	21	7-Ago	11,7	5-Ago	2	19-Ago	22-Ago
Chepes	37	24	5-Ago	15,2	5-Ago	0	18-Ago	23-Ago
Paso de los Libres	39	38	5-Ago		5-Ago	0		
Sauce Viejo	40	27	6-Ago	11,4	5-Ago	1	17-Ago	20-Ago
Santiago del Estero	40	11	9-Ago	16,2	7-Ago	2	23-Ago	1-Sep
San Luis	40	14	8-Ago	13,7	7-Ago	1	22-Ago	25-Ago
San Pedro INTA	37	27	10-Ago	17,1	10-Ago	0	25-Ago	27-Ago
Pilar Obs. (Córdoba)	40	20	12-Ago	16,3	10-Ago	2	21-Ago	4-Sep
Rosario	40	15	10-Ago	13,9	10-Ago	0	20-Ago	25-Ago
Villa Dolores	39	16	13-Ago	17,0	11-Ago	2	29-Ago	1-Sep
Rafaela INTA	38	15	13-Ago	17,1	14-Ago	-1	23-Ago	11-Sep
Pergamino INTA	38	11	12-Ago	15,1	14-Ago	-2	25-Ago	30-Ago
Junín	40	5	16-Ago	19,2	14-Ago	2	2-Sep	9-Sep
Oliveros INTA	40	16	13-Ago	17,6	15-Ago	-2	1-Sep	2-Sep
Bolívar	34	8	18-Ago	20,6	18-Ago	0	2-Sep	18-Sep
Dolores	38	11	22-Ago	22,0	22-Ago	0	14-Sep	17-Sep
Laboulaye	40	2	22-Ago	16,5	23-Ago	-1	5-Sep	9-Sep
Tres Arroyos	40	8	26-Ago	22,1	24-Ago	2	16-Sep	25-Sep
Marcos Juárez	40	7	23-Ago	16,1	25-Ago	-2	6-Sep	9-Sep
Pehuajó	39	10	26-Ago	18,2	26-Ago	0	9-Sep	15-Sep
Villa María del Río Seco	40	4	24-Ago	17,9	27-Ago	-3	8-Sep	13-Sep
Santa Rosa	40	0	28-Ago	16,9	30-Ago	-2	13-Sep	17-Sep
Victorica	40	2	29-Ago	17,7	31-Ago	-2	12-Sep	17-Sep
Mar del Plata	40	11	30-Ago	20,1	1-Sep	-2	17-Sep	21-Sep
Azul	34	2	30-Ago	21,0	3-Sep	-4	16-Sep	24-Sep
Tandil	40	5	2-Sep	22,2	3-Sep	-1	17-Sep	2-Oct
General Pico	40	2	30-Ago	21,8	4-Sep	-5	17-Sep	21-Sep
Bahía Blanca	39	2	30-Ago	19,2	4-Sep	-5	11-Sep	20-Sep
Bordenave INTA	40	1	3-Sep	18,1	5-Sep	-2	14-Sep	20-Sep
Manfredi INTA	34	2	1-Sep	15,6	5-Sep	-4	15-Sep	18-Sep
Hilario Ascasubi INTA	38	0	5-Sep	19,5	6-Sep	-1	19-Sep	28-Sep
Coronel Suárez	38	1	13-Sep	17,4	10-Sep	3	25-Sep	4-Oct
Pigüé	40	0	7-Sep	17,8	10-Sep	-3	19-Sep	29-Sep
Anguil INTA	40	0	12-Sep	15,3	11-Sep	1	23-Sep	30-Sep
San Antonio Oeste	13	0	14-Sep	16,7	16-Sep	-2	27-Sep	1-Oct
Viedma	35	0	16-Sep	17,6	16-Sep	0	1-Oct	6-Oct

CONCLUSIONES

Existe un marcado gradiente, en las isolíneas de probabilidad de heladas tardías, entre el sudoeste y norte de la provincia de Buenos Aires evidenciando una rápida disminución del riesgo hacia el centro de la región.

La zona que abarca Coronel Suárez, Pigüé y Anguil es la que presenta las mayores probabilidades de riesgo por heladas tardías en todas las fechas analizadas y para todos los umbrales.

La provincia de Córdoba registra un riesgo por heladas tardías mayor al que podría esperarse de acuerdo con la latitud a la que se encuentra, observándose una deformación de las isolíneas que penetran en la región.

Con excepción de la zona sudoeste de Buenos Aires, el riesgo por heladas tardías es muy bajo, menor al 10%, a partir del 21 de octubre en toda la región.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) por haber facilitado la información meteorológica para realizar este trabajo.

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto UBACYT G69, 2004-2007.

BIBLIOGRAFÍA

- BADARUDDIN, M. and D.W. MEYER. 2001. Factors modifying frost tolerance of legume species. *Crop Science* 41: 1911-1916.
- BURGOS, J.J. 1963. Las heladas en Argentina. INTA Colección Científica, 388 pág. Buenos Aires.
- COSTA, C. y A. ABREGU. 2002. Diez años de heladas agronómicas en Las Breñas (Prov. De Chaco) Argentina. *Actas, IX Reunión Argentina de Agrometeorología*. Vaquerías, Córdoba, 18-20 septiembre de 2002.
- DAMARIO, E.A.; A.J. PASCALE; S. PEREZ; S. MAIO y R.O. RODRÍGUEZ. 1996. Cartas climáticas 1961-1990 de primeras y últimas heladas en la Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía* 16(3): 253-263.
- FERNÁNDEZ LONG, M.E.; I. BARNATAN y G.M. MURPHY. 2001. Las heladas en la ciudad de Buenos Aires y en el conurbano bonaerense. *Rev. Arg. de Agrometeorología* 1(2): 101-106.
- FERNÁNDEZ LONG, M.E.; I. BARNATAN y Y. GARCÍA SKABAR. 2004. Horas con helada y su peligrosidad en seis localidades de la Argentina. *Rev. Fac. de Agronomía* 24(3): 217-225.
- FERNÁNDEZ LONG, M.E.; I. BARNATAN; L. SPESCHA; R. HURTADO y G.M. MURPHY. 2005. Caracterización de las heladas en la Región Pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. *Rev. Fac. de Agronomía* 25(3): 247-257.
- FERNÁNDEZ LONG, M.E. and G. MÜLLER. 2006. Annual and monthly trends in frost days in the Wet Pampa. 2006. Foz do Iguazú, Brasil.
- GEIGER, R. 1965. The climate near the ground. Harvard University Press. 611 pp.
- HUME, D.J. and A.K.H. JACKSON. 1981. Frost tolerance in soybean. *Crop Science* 21:689-692.
- INTA. Informes Técnicos. 2005. Obtención de información on-line de la Red Mundial de Datos.
- MEYER, D.W. and M. BADARUDDIN. 2001. Frost tolerance of ten seedling legume species at four growth stages. *Crop Science* 41: 1838-1842.
- MONTERUBBIANESI, M.G. y M.G. CENDOYA. 2001. Caracterización del régimen de heladas meteorológicas y agrometeorológicas en Balcarce (Argentina) en el período 1970-1999. *Rev. Fac. de Agronomía* 21(1): 69-78.
- MOTTA da, F.S. 1975. Meteorología agrícola. Sao Paulo, Nobel. 376 pp.

- NAVARRO, M.; C. VILATTE y L. AGUAS. 2003. Duración e intensidad de las heladas a escala regional, en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Actas, X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología y X Congreso Cubano de Meteorología*. Ciudad de la Habana, Cuba. 3 al 7 de marzo de 2003.
- ORTA, F.J. y M. FEDERIGHI. 1996. El régimen de heladas en el área de V. Mercedes (San Luis) en relación con cultivos estivales extensivos. *Actas VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología*. Septiembre 1996, Buenos Aires.
- OTEGUI, M.E. y M. LÓPEZ PEREIRA. 2003. "Fecha de siembra". Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. UBA: 259-275.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 2004. Bioclimatología agrícola y agroclimatología. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. 550 pág.
- SALIBA, M.R.; L.E. SCHREDER; S.S. HIRANO and C.D. UPPER. 1982. Effect of freezing field-grown soybean plants at various stages of podfill on yield and seeds quality. *Crop Science* 22: 73-77.
- SNYDER, L.R. and J.P. de MELO-ABREU. 2005. Frost Protection: fundamentals, practice and economics. Volume 1. FAO. 224 pp.